

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-065716

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

G01N 13/16
G01B 21/30

(21)Application number : 10-240351

(71)Applicant : MITSUTOYO CORP
HIGUCHI TOSHIRO
KUROSAWA MINORU

(22)Date of filing : 26.08.1998

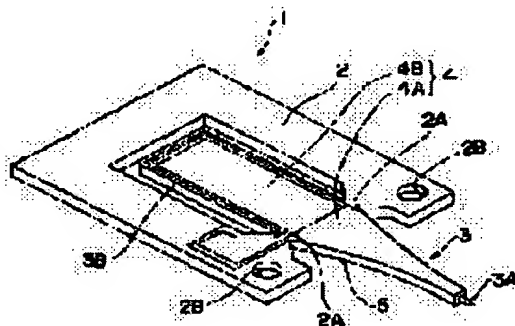
(72)Inventor : HIGUCHI TOSHIRO
KUROSAWA MINORU

(54) OSCILLATION-TYPE CONTACT SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an oscillation-type contact sensor capable of measuring the measurement location of an object to be measured without error.

SOLUTION: The oscillation-type contact sensor is provided with an oscillator 3 with an oscillator main body 3B and a contact part 3A supported by a stylus holder 2, a shaking means 4 to oscillate the oscillator 3 uniaxially in a resonant state, and a detecting means 5 to detect changes in the oscillation of the contact part 3A caused by its contact with an object to be measured. The contact part 3A is constituted of a needle-shaped member extended along the axis and provided at the tip part of the oscillator main body 3B. The stylus holder 2 and the oscillator main body 3B are formed of a plate-shaped body into an integral structure and is provided with approximately an axisymmetric structure about the axis of oscillation along the surface of the plate-shaped body. The oscillator 3 is supported by the stylus holder 2 at the knot of oscillation which occurs at the center in the axis of oscillation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-65716

(P2000-65716A)

(43)公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト*(参考)

G 0 1 N 13/16

G 0 1 N 37/00

G 2 F 0 6 9

G 0 1 B 21/30

G 0 1 B 21/30

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平10-240351

(22)出願日

平成10年8月26日(1998.8.26)

(71)出願人 000137694

株式会社ミットヨ

神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

(71)出願人 598116163

樋口 俊郎

神奈川県横浜市都筑区荏田東3-4-26

(71)出願人 598116174

黒澤 実

神奈川県横浜市青葉区すすき野1-6-11

(74)代理人 100079083

弁理士 木下 寛三 (外1名)

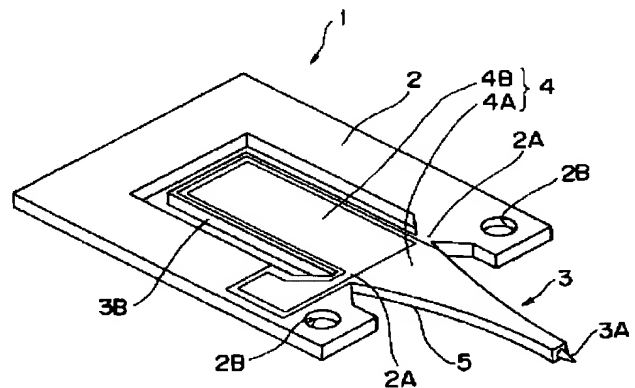
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加振形接触センサ

(57)【要約】

【課題】被測定物の測定位置を誤差なく測定することができる加振形接触センサを提供すること。

【解決手段】スタイラスホルダ2に支持される振動子本体3B及び接触部3Aを有する振動子3と、この振動子3を一軸方向に共振状態で振動させる加振手段4と、接触部3Aが被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する検出手段5とを備える。接触部3Aは振動子本体3Bの先端部において前記軸方向に延びて設けられた針状部材から構成される。スタイラスホルダ2と振動子本体3Bとは板状体から一体構造に形成されるとともに、前記振動の軸を中心として板状体の面方向に略軸対称構造とされ、前記振動の軸方向における中央に生じる振動の節において振動子3をスタイラスホルダ2で支持した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】スタイラスホルダと、このスタイラスホルダに支持される振動子本体とこの振動子本体の先端部に設けられ被測定物と接触する接触部とを有する振動子と、この振動子を一軸方向に共振状態で振動させる加振手段と、前記接触部が被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する検出手段とを備えた加振形接触センサであつて、前記接触部は前記振動子本体の先端部において前記軸方向に延びて設けられた針状部材であり、前記スタイラスホルダと前記振動子本体とは板状体から一体構造に形成されるとともに、前記振動の軸を中心として前記板状体の面方向に略軸対称構造とされ、前記振動の軸方向における中央付近に生じる振動の節において前記振動子を前記スタイラスホルダで支持することを特徴とする加振形接触センサ。

【請求項2】請求項1に記載の加振形接触センサにおいて、前記振動子本体は、前記スタイラスホルダに支持された点から前記接触部が設けられた先端に向かうに従って幅が細くなるホーン形状を有することを特徴とする加振形接触センサ。

【請求項3】請求項1又は2に記載の加振形接触センサにおいて、前記板状体はチタンから構成されることを特徴とする加振形接触センサ。

【請求項4】請求項1から3のいずれかに記載の加振形接触センサにおいて、前記加振手段及び前記検出手段の少なくとも一方は水熱合成法で成形された圧電材料膜を有することを特徴とする加振形接触センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、AFM (Atomic Force Microscope: 原子間力顕微鏡) 等によって被測定物の表面形状を測定するのに好適な加振形接触センサに関する。

【0002】

【背景技術】鋭利な先端を有する探針や触針を試料の表面にナノメートルオーダーに近づけると、探針と試料との間に原子間力が働き、触針は試料面に引きつけられたり、逆に、斥力が作用することになる。この力はファンデルワールスの力として広く知られており、これらの引力や斥力が一定となるようにして触針を試料の表面に走査することにより、試料表面の凹凸を観察する顕微鏡がAFM (原子間力顕微鏡) である。

【0003】AFMでは、実際に引力あるいは斥力を直接検出することができないので、引力や斥力を変位に変換し、この変位を検出しながら変位が一定となるように走査される。従って、AFMは、効率よく力を変位に変換するために、ばね定数の小さなカンチレバーを使用し、このカンチレバーの先端に作用する力によりカンチレバーが撓むことを利用して測定を行うことが一般的である。このように、カンチレバーの静的な変位を計測す

る方法を静的モードと称し、カンチレバーを積極的に振動させ、その共振振動数あるいは振幅が探針と試料間に依存して変化することを利用した動的モードと称する。

【0004】動的モードには、さらに、完全に試料と非接触状態で動作させる完全非接触モードと、振幅を比較的大きくとり、周期的にカンチレバーの先端を試料に接触させてその振幅変化をみる周期的接触モード (Cyclic Contact ModeあるいはTapping Mode) とがある。周期的接触モードは、他の方法に比べて表面の吸着層等の影響を最低限にでき、また、被測定物に対するダメージも小さいという特徴を有する。この動的モードは、カンチレバーの形状でのみ実現されているのが現状である。この動的モードを実行するための加振形接触センサの従来例が図6に示されている。

【0005】図6において、加振形接触センサは、固定台51と、この固定台51に基端が固定され先端部が先細り状に形成された略板状のカンチレバー52と、このカンチレバー52の先端部下面にカンチレバー52の平面と直交して取り付けられた接触部としての微少針53と、カンチレバー52を共振状態で振動させる図示しない加振手段と、微少針53が被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する図示しない検出手段とを備え、微少針53が被測定物と接触することでカンチレバー52が撓み、この撓みを検出して測定が行われる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】図6で示される加振形接触センサでは、効率よく力を変位に変換するために、カンチレバー52のばね定数を小さく、つまり、曲がりやすく設計するのが一般的である。また、応答性を上げるためにカンチレバー52の固有振動数を100kHz以上に設計するのが一般的であるが、これを実現するには、カンチレバー52を全長1mm以下と非常に微細に作る必要がある。

【0007】図7に示される通り、被測定物Wに微少針53を接触させて矢印P方向に走査しながら測定する際に、カンチレバー52の先端はQで示される円弧運動をすることになり、これに伴って微少針53の先端も円弧運動をすることになる。そのため、微少針53の先端と被測定物Wとの接触点は、被測定物Wの表面凹凸の大きさにより、走査方向の位置が異なり、図7中、誤差D1を生じることになる。このことは、AFMで観測される像が歪んで見えることを意味する。さらに、カンチレバー52は、その幅方向に均一に製作することは困難であり、このためカンチレバー52の振動が図8の符号Rで示される通り、首振り状態となる。この首振りに伴って誤差D2を生じることになり、この点からも、AFMで観測される像が歪むことになる。

【0008】本発明の目的は、被測定物の測定位置を誤差なく測定することができる加振形接触センサを提供することにある。

10

20

30

40

50

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、板状に形成された振動子を一軸方向に振動させるとともにこの振動子の先端に針状に形成された接触部を設けて前記目的を達成しようとするものである。具体的には、本発明の加振形接触センサは、スタイラスホルダと、このスタイラスホルダに支持される振動子本体とこの振動子本体の先端部に設けられ被測定物と接触する接触部とを有する振動子と、この振動子を一軸方向に共振状態で振動させる加振手段と、前記接触部が被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する検出手段とを備えた加振形接触センサであって、前記接触部は前記振動子本体の先端部において前記軸方向に延びて設けられた針状部材であり、前記スタイラスホルダと前記振動子本体とは板状体から一体構造に形成されるとともに、前記振動の軸を中心として前記板状体の面方向に略軸対称構造とされ、前記振動の軸方向における中央付近に生じる振動の節において前記振動子を前記スタイラスホルダで支持することを特徴とする。

【0010】この構成の本発明では、加振手段を作動させると、振動子は対称軸方向の支持点を振動の節とし、その両端を振動の腹として縦振動モードで共振状態となる。接触部である針状部材を被測定物の表面に当接させると、針状部材は振動子の振動方向に沿って設けられているため、針状部材及び振動子の振動が規制され、この振動の変化が検出手段で検出される。そのため、針状部材は常に振動子の振動方向に振動していることになり、カンチレバertypeの従来例の欠点が解消され、被測定物の測定位置を誤差なく測定することができる。

【0011】その上、スタイラスホルダと振動子とは、振動の軸を中心として板状体の面方向に略軸対称構造とされ、かつ、振動の軸方向における中央付近に生じる振動の節において振動子がスタイラスホルダで支持される構造であるため、外乱振動に対する安定性が向上して共振特性と検出感度とが向上する。しかも、スタイラスホルダと振動子とを板状体から一体成形したから、支持点におけるエネルギー損失を少なくすることができるので、この点からも、センサの共振特性と検出感度とを向上させることができる。さらに、曲げの固有振動数より軸方向の固有振動数の方が容易に高く設計することができるので、高速応答が可能となる。しかも、振動子が一軸方向に振動されるため、空気抵抗が受けにくくなり、高いQ値（共振状態の鋭さ）を実現して感度の高いセンサを提供できる。

【0012】ここで、本発明では、前記振動子本体は、前記スタイラスホルダに支持された点から前記接触部が設けられた先端に向かうに従って幅が細くなるホーン形状を有する構造が好ましい。振動子本体がホーン形状を有することで、振動子の先端部で大きな振幅を得ることができることになり、検出感度を向上させることができ

る。

【0013】さらに、前記板状体はチタンから構成されることが好ましい。板状体をチタンから構成することで、センサの耐食性を優れたものにできる。また、前記加振手段及び前記検出手段の少なくとも一方は水熱合成法で成形された圧電材料膜を有することが好ましい。水熱合成法によって加振手段や検出手段を薄く成形してセンサ自体の小型化を実現するとともに安価に製造することが可能となる。

10 【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に好適な実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。本実施形態は、AFM (Atomic Force Microscope: 原子間力顕微鏡) で使用される加振形接触センサ1である。図1は本実施形態にかかる加振形接触センサ1の斜視図であり、図2は加振形接触センサ1の回路構成図である。

【0015】これらの図において、加振形接触センサ1は、図示しないAFMの本体に取り付けられたスタイラスホルダ2と、このスタイラスホルダ2に支持される振動子本体3Bとこの振動子本体3Bの先端に設けられ被測定物と接触する接触部3Aとを有する振動子3と、この振動子3を一軸方向に共振状態で振動させる加振手段4と、接触部3Aが被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する検出手段5と、加振手段4を作動する加振回路6と、検出手段5を作動する検出回路7とを備えた構成である。

【0016】スタイラスホルダ2と振動子本体3Bとはチタンからなる一枚の薄い板状体から一体構造に形成される。スタイラスホルダ2は平面コ字型に形成された平板とされ、振動子本体3Bは、その長手方向が振動方向とされ、かつ、スタイラスホルダ2の開口端部に支持点2Aを介して振動の節となる中央部が支持された細長い平板とされる。これらの平板は同一平面上に配置される。スタイラスホルダ2及び振動子3は、振動の軸を中心として板状体の面方向に略軸対称構造とされている。スタイラスホルダ2の開口端側には取付孔2Bが2箇所形成されている。

【0017】振動子本体3Bは、スタイラスホルダ2の開口部に配置された基端部が平面矩形状とされ、スタイラスホルダ2の開口部から突出した先端部が支持点2Aから接触部3Aに向かうに従って幅が細くなるホーン形状とされる。このホーン形状は、図1に示される通り、湾曲形状であてもよく、あるいは、直線状であってもよい。接触部3Aは振動子本体3Bの先端面において振動の軸方向に延びて設けられた針状部材であり、より具体的には、先端に従って径が細くなる円錐状の微少針である。この微少針はダイヤモンドチップ等から構成される。

【0018】加振手段4は、振動子本体3Bの表面全面とスタイラスホルダ2の一部の表面に設けられPZT薄

膜から構成された圧電材料膜4Aと、この圧電材料膜4Aの上面のうち振動子本体3Bの基端側及びスタイラスホルダ2側に設けられた導電材料層4Bとを備えて構成されている。加振手段4の導電材料層4Bは、金等からなるものであって加振用電極として機能するものであり、振動子本体3Bとの間に電圧を印加し、圧電材料膜4Aに電界を作用させて歪ませるものである。

【0019】検出手段5は、振動子本体3B及びスタイラスホルダ2の裏面に設けられる点以外は加振手段4と同じ構造である。つまり、検出手段5は、振動子本体3Bの裏面全面とスタイラスホルダ2の一部の裏面に設けられPZT薄膜から構成された圧電材料膜5Aと、この圧電材料膜5Aの下面のうち振動子本体3Bの基端側及びスタイラスホルダ2側に設けられた金等からなる導電材料層5Bとを備えて構成されている。検出手段5の導電材料層5Bは、検出用電極として機能するものであり、振動子本体3Bとの間にある圧電材料膜5Aに生じる電圧の変化を検出するものである。

【0020】加振回路6は、加振手段4の導電材料層4Bと振動子本体3Bとに電気的に接続され、振動子3の中央を振動の節としてその長手方向（軸方向）に振動させるために導電材料層4Bに電流を供給する。検出回路7は、検出手段5の導電材料層5Bと振動子本体3Bとに電気的に接続され、検出用電極として機能する導電材料層5Bで検出される振動子3の振動の変化を検出して接触部3Aが被測定物に近接したことを検知して信号を発する構成である。

【0021】次に、本実施形態の加振形接触センサ1を製造する方法について、図3に基づいて説明する。図3(A)に示される通り、チタンからなる板状材をエッチングやワイヤカット等によってスタイラスホルダ2及び振動子本体3Bを形成する。その後、図3(B)に示される通り、振動子本体3Bの表面全面及びスタイラスホルダ2の表面の一部に水熱合成法でPZTから加振手段4を構成する圧電材料膜4Aを成形する。同様に、振動子本体3Bの裏面全面及びスタイラスホルダ2の裏面の一部に水熱合成法でPZTから検出手段5を構成する圧電材料膜5Aを成形する。

【0022】さらに、その後、図3(C)に示される通り、加振手段4を構成する圧電材料膜4Aの上に蒸着等の方法で加振電極として機能する導電材料層4Bを成形する。同様に、検出手段5を構成する圧電材料膜5Aの上に蒸着等の方法で検出電極として機能する導電材料層5Bを成形する。さらに、振動子本体3Bの先端面にダイヤモンドチップ等からなる微小針を接触部3Aとして接着固定し、加振手段4に加振回路6を接続し、検出手段5に検出回路7を接続する。

【0023】この構成の加振形接触センサ1を使用するためには、まず、加振回路6及び検出回路7を作動させる。すると、振動子3は、支持点2Aを振動の節とし、

その端部を振動の腹として縦振動モードで共振状態となる。この状態で接触部3Aを図4に示される通り、被測定物Wの表面に対して当接させると、接触部3Aを構成する針状部材及び振動子本体3Bの矢印P方向の振動が規制され、この振動の変化が検出手段5で検出され、検出回路7を通じて発信される。

【0024】従って、本実施形態では、スタイラスホルダ2と、このスタイラスホルダ2に支持される振動子本体3Bとこの振動子本体3Bの先端に設けられた接触部3Aとを有する振動子3と、この振動子3を一軸方向に共振状態で振動させる加振手段4と、接触部3Aが被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する検出手段5とを備えた加振形接触センサであって、接触部3Aは振動子本体3Bの先端部において前記軸方向に延びて設けられた針状部材から構成されているため、針状部材は常に振動子3の振動方向に振動していることになり、カンチレバータイプの従来例の欠点を解消して被測定物の測定位置を誤差なく測定することができる。

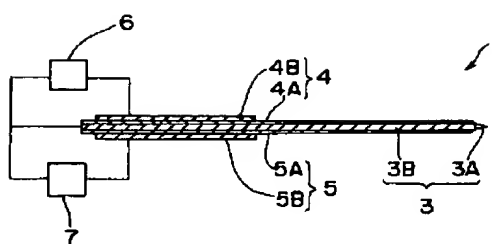
【0025】しかも、スタイラスホルダ2と振動子本体3Bとは板状体から一体構造に形成されるとともに、前記振動の軸を中心として板状体の面方向に略軸対称構造とされ、前記振動の軸方向における中央に生じる振動の節において振動子3をスタイラスホルダ2で支持した構成であるため、外乱振動に対する安定性が向上して共振特性と検出感度とが向上する。その上、スタイラスホルダ2と振動子3とを板状体から一体構造としたから、支持点2Aにおけるエネルギー損失を少なくすることができるので、この点からも、センサ自体の共振特性と検出感度とを向上させることができる。

【0026】さらに、振動子3の曲げの固有振動数より軸方向の固有振動数の方が容易に高く設計することができるので、センサ自体の高速応答が可能となる。しかも、振動子3が一軸方向に振動されるため、空気抵抗が受けにくくなり、高いQ値（共振状態の鋭さ）を実現して感度の高いセンサを提供できる。また、固有振動数を同じにした場合には縦振動が従来の横振動に比べて振動子3の寸法を大きくすることができるので、センサの製作が容易に行える。

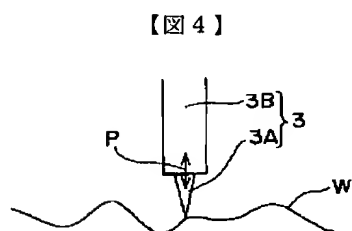
【0027】さらに、本実施形態では加振形接触センサ1をAFMに使用したから、この加振形接触センサ1によって被測定物の測定位置が誤差なく測定できることにより、AFMの像が歪むことがない。また、本実施形態では、振動子本体3Bは、スタイラスホルダ2に支持された点から接触部3Aが設けられた先端に向かうに従って幅が細くなるホーン形状を有する構造であるため、振動子3の端部で大きな振幅を得ることができることになり、検出感度を向上させることができる。さらに、スタイラスホルダ2及び振動子本体3Bを構成する板状体はチタンであるため、耐食性が良好となる。

【0028】また、加振手段4及び検出手段5の双方は

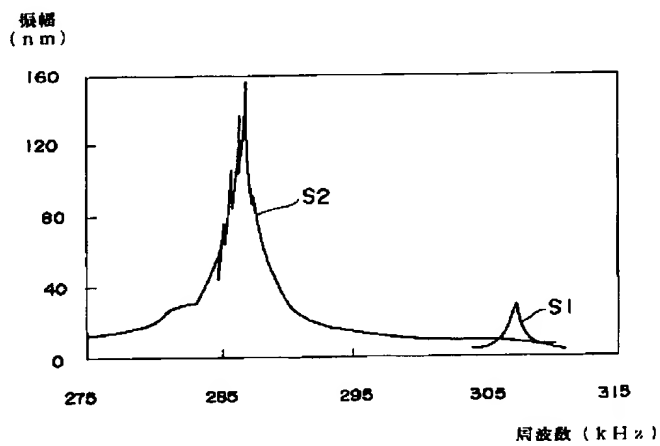
【图 2】



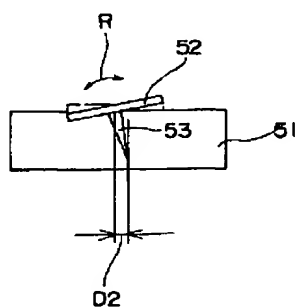
【图 6】



【图 5】



【图 8】



フロントページの続き

(72)発明者 樋口 俊郎
神奈川県横浜市港北区茅ヶ崎南4-14-1
-109

(72)発明者 黒澤 実
神奈川県横浜市青葉区すすき野1-6-11

Fターム(参考) 2F069 AA57 AA60 DD19 GG02 GG06
GG39 GG52 GG56 GG62 HH01
JJ04 LL03 MM04 MM32 PP02
QQ05

水熱合成法で成形された圧電材料膜4A, 5Aを有する構造であるため、水熱合成法によって加振手段4及び検出手段5を薄く成形してセンサ自体の小型化を実現するとともに安価に製造することが可能となる。さらに、加振手段4と検出手段5とは振動子本体3Bの表裏面に対向するように設けられているため、この点からも、センサの小型化を実現することができるとともに、安価に製造することができる。

【0029】本実施形態の効果を確認するために加振形接触センサ1の周波数特性を測定した。測定した加振形接触センサ1の振動子3は、その厚さ寸法が0.1mmのものと、0.05mmのものと2種類を用意した。これらの振動子3は、ともに、その長さ寸法が9.8mmであり、その幅寸法が1.0mmであり、その先端の幅は0.1mmであって、この振動子3の両面に合計の厚さが12 μ mの圧電材料膜4A, 5Aを設けた。このように厚さ寸法の異なる2種類の加振形接触センサ1について、5Vの電流を印加し、レーザードップラー振動計を用いて振動振幅を測定した。その測定結果を図5に示す。

【0030】図5において、S1は振動子3の厚みが0.1mmの場合の周波数と振幅との関係を示すもので、この場合、共振周波数特性は307.2kHz、共振時の振動振幅は27.7nm、共振のQ値は452であった。S2は振動子3の厚みが0.05mmの場合の周波数と振幅との関係を示すもので、この場合、共振周波数特性は286.6kHz、共振時の振動振幅は157nm、共振のQ値は329であった。これらは従来のものに比べ、共振周波数で2.7倍及び2.5倍、振動子本体3Bのホーン形状による振幅拡大前の振動振幅で5.2倍及び29倍、Q値で0.74倍及び0.54倍である。

【0031】なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲であれば次に示す変形例を含むものである。例えば、前記実施形態では、圧電材料膜4A, 5Aを水熱合成法で成形したPZT薄膜としたが、本発明では、酸化亜鉛(ZnO)等の他の圧電材料を蒸着等の他の手段で成形するものであってもよい。仮に、水熱合成法を使用する場合であっても、圧電材料膜4A, 5Aのいずれか一方を水熱合成法で成形するものでもよい。さらに、圧電材料膜4A, 5Aや電極を構成する導電材料層4B, 5Bは、必ずしも軸対称形状とすることを要しない。

【0032】さらに、振動子本体3B及びスタイラスホルダ2を構成する材質は、チタンである必要がなく、他の金属材料であってもよい。また、振動子本体3Bの先端部はホーン形状でなくてもよく、例えば、平面矩形状であってもよい。前記実施形態では、加振形接触センサ1はAFMで使用された場合について説明したが、本発

明では、加振形接触センサ1を三次元測定機、あるいは、ハイトゲージ(一次元測定機)、二次元測定機、輪郭測定機等の測定機全般に適用することも可能である。

【0033】

【発明の効果】従って、本発明では、スタイラスホルダと、このスタイラスホルダに支持された振動子本体及び振動子本体の先端に設けられた接触部と振動子本体を有する振動子と、この振動子を一軸方向に共振状態で振動させる加振手段と、接触部が被測定物と接触するに際して生じる振動の変化を検出する検出手段とを備え、接触部は振動子本体の先端部において前記軸方向に延びて設けられた針状部材から構成され、かつ、スタイラスホルダと振動子本体とは板状体から一体構造に形成されとともに、前記振動の軸を中心として板状体の面方向に略軸対称構造とし、前記振動の軸方向における中央に生じる振動の節において振動子をスタイラスホルダで支持した構成としたから、針状部材は常に振動子の振動方向に振動していることになり、被測定物の測定位置を誤差なく測定することができ、さらに、外乱振動に対する安定性が向上して共振特性と検出感度とが向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる加振形接触センサの斜視図である。

【図2】前記加振形接触センサの回路構成図である。

【図3】(A)から(C)は前記加振形接触センサを製造する方法を説明する斜視図である。

【図4】前記加振形接触センサが被測定物を測定する状態を示す概略正面図である。

【図5】前記加振形接触センサの効果を確認するためにを行った測定結果を示すグラフである。

【図6】従来例のカンチレバータイプの加振形接触センサを示す概略斜視図である。

【図7】従来例の問題点を説明するための側面図である。

【図8】従来例の問題点を説明するための正面図である。

【符号の説明】

1	加振形接触センサ
2	スタイラスホルダ
3	振動子
3A	接触部(針状部材)
3B	振動子本体
4	加振手段
4A	圧電材料膜
5	検出手段
5A	圧電材料膜